

## تحلیل عددی ابعاد جداشدگی و مجرای جریان در آبیگری از کانال مستطیلی و دوزنقه‌ای

سید مرتضی سیدیان<sup>۱</sup>، مهدی کرمی مقدم<sup>۲\*</sup> و یوسف رضائی<sup>۳</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۰۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۷)

### چکیده

در دهه گذشته مطالعه الگوی جریان برای دستیابی به مکانیزم جریان و رسوب ورودی به آبیگر مورد توجه محققین بوده است. در این تحقیق ابعاد مجرا و جداشدگی جریان در سطوح مختلف جریان در دو حالت آبیگری از کانال مستطیلی و دوزنقه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. این بررسی‌ها با استفاده از مدل آزمایشگاهی و مدل عددی فلونت انجام شد. نتایج مدل عددی فلونت تطابق خوبی را با نتایج آزمایشگاهی نشان داد. در یک نتیجه‌گیری کلی در کانال اصلی با مقطع دوزنقه‌ای، عرض مجرای جریان در کف کاهش و در سطح افزایش یافته و سبب کاهش ابعاد جداشدگی جریان می‌شود که این مسئله با توجه به توزیع غلظت رسوب، سبب کاهش ورود رسوب به داخل آبیگر و افزایش راندمان خواهد شد.

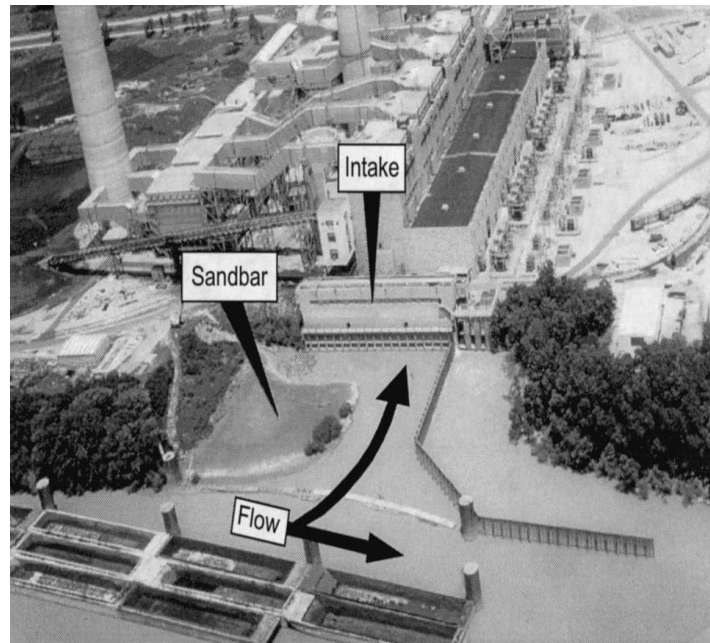
واژه‌های کلیدی: کانال اصلی مستطیلی و دوزنقه‌ای، الگوی جریان، مجرای جریان، جداشدگی جریان، فلونت

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس

۲. گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور

۳. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

\*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: m\_karami\_mo@yahoo.com



شکل ۱. تجمع رسوب در دهانه آبگیر بزرگ رودخانه Ohio

#### مقدمه

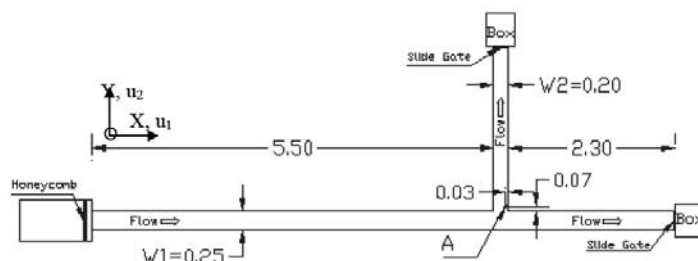
یکی از مسائل مهم در آبگیرها، رسوب است. تجمع رسوبات در اطراف دهانه آبگیر باعث کاهش ظرفیت کانال می‌شود. جهت کنترل رسوبات، روش‌های زیادی در طی سال‌های اخیر آزمایش شده و به کار رفته که متداولترین آنها لایروبی دوره‌ای می‌باشد. مشکل عمده این روش‌ها هزینه بالا و وقت‌گیر بودن آنها می‌باشد. شکل (۱) آبگیر بزرگ رودخانه Ohio را نشان می‌دهد که تجمع زیاد رسوب در دهانه آن باعث کاهش عرض ورودی جریان و در نتیجه کاهش راندمان شده است. برای پرداختن به پدیده رسوب گذاری در داخل آبگیر، باید پارامترهای مؤثر، الگو و خصوصیات هیدرولیکی جریان در دهانه آبگیر مورد بررسی قرار گیرد. از جمله پارامترهای مورد بررسی در آبگیری از رودخانه‌ها ابعاد مجرای جریان و ناحیه جداشدگی می‌باشد. هنگامی که جریان به نزدیکی آبگیر می‌رسد، در هر عمق، جریان ورودی به آبگیر توسط خطی که به آن خط تقسیم جریان می‌گویند از جریان کانال اصلی جدا می‌شود. این خطوط تقسیم جریان از کف تا سطح آب،

سطحی را ایجاد می‌کنند که سطح تقسیم جریان گفته می‌شود. همچنین در داخل آبگیر منطقه‌ای به نام جداشدگی جریان ایجاد می‌شود.

لاکیشمانا و همکاران به این نتیجه رسیدند که در کانال صلب نسبت تغییرات فاصله خط تقسیم جریان انحرافی تا دیواره کانال اصلی در نزدیک سطح آب به کف کانال اصلی  $(B_s/B_b)$  در محدوده  $0/5-0/1$  می‌باشد (۶). بست و رایید طرح جداشدگی جریان را در یک تقاطع ساده برای عدد فرود زیر  $0/3$  در پایین دست آنالیز کردند (۵). آنها به این نتیجه دست یافتند که طول و عرض ماکزیمم ناحیه جداشدگی به زاویه انحراف و نسبت آبگیری وابسته است. نیری و ادگارد با اندازه‌گیری فواصل خط تقسیم جریان به سمت دهانه آبگیر در نزدیک بستر آبراهه و سطح آب در هر آزمایش برای دو حالت بستر صلب و بستر متحرک، به معادله زیر رسیدند (۸):

$$\frac{B_s}{W_1} = \alpha \frac{B_b}{W_1} \quad (1)$$

پارامتر  $B_s$  فاصله خط تقسیم جریان تا دهانه آبگیر در سطح آب و  $B_b$  فاصله خط تقسیم جریان تا دهانه آبگیر در نزدیک بستر



شکل ۲. پلان تجهیزات آزمایشگاهی

ورودی به آبیگری، ابعاد مجرای جریان و جداسدگی جریان با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی و نرم‌افزار فلونت می‌باشد. در تحقیقات گذشته ابعاد مجرای جریان و ناحیه جداسدگی بر روی آبیگرهای منشعب از کانال مستطیلی انجام شده، لذا در این تحقیق بررسی این پارامترها در شرایط آبیگری از کانال دوزنقه‌ای مورد توجه می‌باشد. پارامترهای متغیر در این تحقیق، عدد فرود، عمق جریان و نسبت دبی انحرافی بود.

## مواد و روش‌ها

### مدل آزمایشگاهی

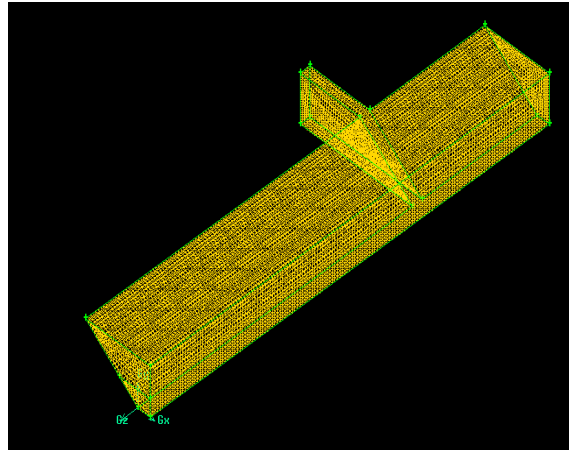
آزمایشات در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. برای انجام آزمایشات از فلوم با دیواره و کف از جنس پلکسی گلاس با ضخامت ۱۰mm استفاده گردید. کانال فرعی با عرض ۲۰cm و کانال اصلی با عرض ۲۵cm و طول ۸m و ارتفاع مفید ۷۰cm می‌باشد. با توجه به اهداف تحقیق و پارامترهای مورد بررسی، فلوم طوری طراحی گردید که دیواره سمت چپ متصل به آبیگر توسط یک لولا قابلیت جابه‌جایی و ایجاد کانال دوزنقه‌ای را داشته باشد. مشخصات فلوم در شکل (۲) آورده شده است.

### مدل عددی

برای شبیه‌سازی جریان از نرم‌افزار فلونت استفاده شد. پس از ایجاد سطح و حجم در گمبیت مش بندی انجام شد. جهت اطمینان از نتایج و تسریع در اجرای مدل، مش بندی‌های متفاوتی بررسی شد. ابعاد مش بندی از ۵/۵×۵/۵ تا ۵×۵

کانال می‌باشد. همچنین  $W_1$  برابر عرض کانال اصلی در نظر گرفته شده است. نتایج این آزمایشات نشان داد ضریب آلفا در معادله بالا برای حالت بستر صلب، معادل ۰/۶ و برای حالت بستر متحرک ماسه‌ای برابر ۰/۴۶ می‌باشد. همچنین عرض ناحیه جداسدگی جریان در داخل آبیگر، از کف به طرف سطح افزایش می‌یابد. طبق مطالعه نیری و همکاران در کانال اصلی با مقطع مستطیلی، عرض مجرای جریان انحرافی در سطح  $(B_s)$  کمتر از عرض مجرای جریان در کف  $(B_b)$  می‌باشد (۷). رامامورتی و همکاران جریان انحرافی از یک کانال ۹۰ درجه لبه‌تیز را به صورت سه‌بعدی مورد بررسی قرار دادند (۹). نتایج آنها نشان داد که با کاهش نسبت آبیگری طول و عرض ناحیه جداسدگی افزایش می‌یابد. کرمی مقدم و همکاران به بررسی آزمایشگاهی و عددی الگوی جریان در آبیگر ۳۰ درجه منشعب از کانال دوزنقه‌ای پرداختند (۲). نتایج نشان داد که عرض جریان جدا شده در کف و سطح با نسبت آبیگری رابطه مستقیم دارد. شبیه‌سازی و بررسی الگوی جریان و جداسدگی جریان با استفاده از مدل فلونت توسط محققانی از جمله شاملو (۱۰)، صفرزاده (۳)، رحیمی و همکاران (۱) و موسوی و گودرزی (۴) انجام شد. نتایج این محققین حاکی از شبیه‌سازی خوب جریان توسط مدل فلونت است.

با توجه به اینکه اغلب رودخانه‌ها از جمله رودخانه کارون در خوزستان دارای دیواره مایل بوده و مقطع به شکل دوزنقه‌ای است، لذا در این تحقیق الگوی جریان ورودی به آبیگر در کانال دوزنقه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. هدف اصلی این تحقیق بررسی اثر آبیگری از کانال اصلی دوزنقه‌ای بر الگوی جریان



شکل ۳. مش بندی سه بعدی در فلوئنت

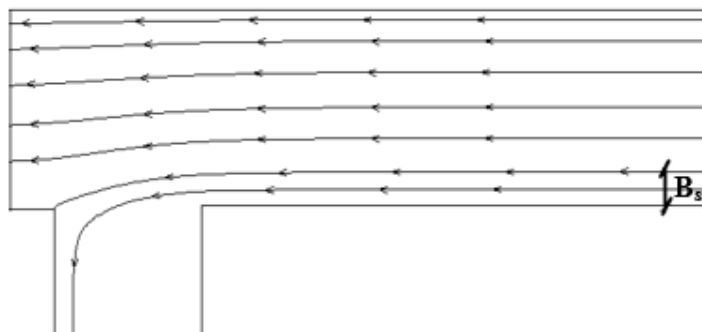
جدول ۱. محدوده متغیرهای تحقیق

محدوده تغییرات	پارامترهای آزمایش
۱۰، ۲۰، ۲۵	y: عمق (cm)
۶/۳-۶۲/۷۳	Q: دبی کانال اصلی (l/s) (بالادست)
۰/۲-۰/۴۵	Fr: عدد فرود

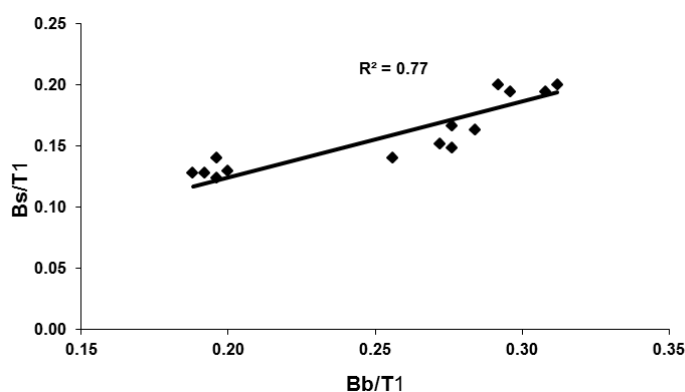
برداشت شده خطوط جریان ترسیم و عرض مجرای جریان در سه سطح تعیین شد. از ۶۰ عرض مجرای جریان (پنج عدد فرود ۰/۲۵، ۰/۳۰، ۰/۳۵، ۰/۴۰ و ۰/۴۵، چهار زاویه دیواره کانال اصلی طرف آبگیر (z) ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ و در سه فاصله نزدیک کف، ۹ و ۱۸ سانتی متری از کف)، به صورت تصادفی تعداد ۴۵ عدد به منظور واسنجی و تعداد ۱۵ عدد به منظور صحت سنجی انتخاب گردید. دبی حداکثر با توجه به شرایط آزمایشگاه انتخاب گردید. دبی های استفاده شده با توجه به شیب دیواره کانال، عدد فرود انتخابی و عمق ۲۵ سانتی متری جریان محاسبه و در کانال برقرار شد (مثلاً برای شیب ۱:۱ دبی ها برابر ۳۰/۳۵، ۳۶/۴۰، ۴۲/۴۸، ۴۸/۵۱ و ۵۴/۵۵ لیتر بر ثانیه می باشند). مقادیر ضرایب همبستگی و ریشه میانگین مربعات خطا در مرحله واسنجی به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۶۲ و در مرحله صحت سنجی به ترتیب ۰/۷۲ و ۰/۷۸ می باشد که نشان از توانایی قابل قبول نرم افزار فلوئنت در شبیه سازی جریان آبگیر دارد. پس از صحت سنجی، مدل برای شرایط کانال های

سانتی متر بررسی و در نهایت ابعاد مش بندی ۲/۵×۲/۵ انتخاب گردید تا جواب های مدل با نتایج آزمایشگاهی تطابق قابل قبولی داشته باشد. ریز شدن مش ها تا حدی باعث بهتر شدن نتایج می گردید اما سرعت اجرای مدل نیز کاهش می یابد. بنابراین مشی انتخاب گردید که ضمن ارائه جواب درست، با سرعت خوبی نیز اجرا شود. شکل (۳) شرایط مرزی اعمال شده برای مرز ورودی کانال با توجه به مقادیر معلوم دبی از دو قسمت شرایط دبی جرمی و فشار ورودی، در مقطع خروجی از شرط فشار خروجی و دبی خروجی، دیواره های کانال اصلی و فرعی شرط مرزی دیوار و سطح از شرایط مرزی تقارن استفاده شد. محدوده تغییرات متغیرهای مورد مطالعه در جدول (۱) ذکر شده است.

اطلاعات سرعت در فاصله ۷۵ سانتی متری بالادست آبگیر در داخل کانال اصلی و در ۲۰ آزمایش در شرایطی که عمق جریان در کانال اصلی ۲۵ سانتی متر بود، به منظور واسنجی و صحت سنجی مدل برداشت گردید. با استفاده از داده های



شکل ۴. عرض مجرای جریان در سطح



شکل ۵. رابطه عرض مجرای جریان در سطح و کف جریان

خطوط جریان و تعیین ابعاد مجرای جریان روابطی برای عرض مجرای جریان در حالت آبگیری از کانال مستطیلی و دوزنقه‌ای استخراج شد. در این روابط پارامترها به صورت زیر تعریف می‌شوند: دبی جریان در بالادست کانال اصلی ( $Q$ )، دبی جریان در آبگیر ( $Q_d$ )، عرض سطح آب در کانال اصلی ( $T_1$ )، عرض خط تقسیم جریان در سطح آب ( $B_s$ )، عرض خط تقسیم جریان در ۳۶ درصد عمق ( $B_{/36}$ )، عرض خط تقسیم جریان در ۷۲ درصد عمق ( $B_{/72}$ )، عرض خط تقسیم جریان در کف ( $B_b$ )،

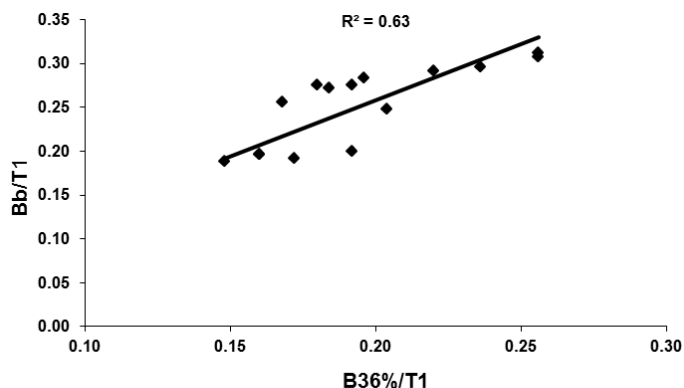
#### آبگیری از کانال مستطیلی

برای مقایسه تغییرات عرض مجرای جریان در سطح ( $B_s$ ) و کف ( $B_b$ ) شکل (۵) رسم گردید. این ابعاد با عرض سطح آب در کانال اصلی ( $T_1$ ) بی‌بعد شده است. با توجه به شکل، یک

مستطیلی و دوزنقه‌ای با شیب دیواره  $Z=1$  و برای عمق‌های ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر اجرا شد تا محدوده وسیع‌تری از داده‌ها حاصل شود.

#### نتایج

برای بررسی عرض مجرای جریان، سرعت‌های برداشت شده در مدل فیزیکی یا استخراج شده از مدل عددی وارد نرم‌افزار Tecplot و خطوط جریان ترسیم گردید. پس از رسم خطوط جریان دوبعدی در عمق‌های نزدیک کف، لایه میانی و نزدیکی سطح آب، در هر حالت خط تقسیم جریان که جریان انحرافی به آبگیر را از جریان اصلی مجزا می‌کند، مشخص و فاصله این خط تا دیواره سمت چپ کانال اصلی که عرض جریان انحرافی نامیده می‌شود، اندازه‌گیری شد. شکل (۴) پس از ترسیم



شکل ۶. رابطه عرض مجرای جریان در کف با ۳۶٪ عمق

با توجه به شکل (۶) رابطه‌ای خطی بین عرض مجرای جریان در فاصله ۳۶٪ عمق جریان از کف (B<sub>۳۶</sub>) با عرض مجرای جریان در کف وجود دارد. در این رابطه B<sub>b</sub> و B<sub>۳۶</sub> با T<sub>۱</sub> بی‌بعد شده‌اند. ضریب معادله (۵) نشان می‌دهد عرض مجرای جریان در کف تقریباً ۱/۳۵ برابر B<sub>۳۶</sub> می‌باشد. با توجه به معادله (۲) مشخص می‌شود عرض مجرای جریان از کف تا سطح به اندازه ۳۵ درصد کاهش یافته است. همچنین از مقایسه دو معادله (۲) و (۵) می‌توان این نتیجه را استنباط کرد که از این ۳۵ درصد کاهش، حدود ۲۵ درصد در یک سوم پایین عمق و ۱۰ درصد مابقی در دو سوم بالایی عمق اتفاق می‌افتد. به عبارتی دیگر حدود ۷۱ درصد کاهش عرض مجرای جریان در همان یک سوم پایین عمق جریان اتفاق می‌افتد. بنابراین تغییرات عرض مجرای جریان نشان می‌دهد شیب کاهش عرض مجرای جریان از کف تا یک سوم پایینی عمق بیشتر از دو سوم دیگر می‌باشد.

$$\frac{B_b}{T_1} = 1/35 \frac{B_{36\%}}{T_1} \quad (5)$$

$$\frac{B_{36\%}}{T_1} = 1/14 \frac{Q_d}{Q} \quad (6)$$

معادله (۶) نسبت بین عرض مجرای جریان در این لایه را با نسبت آبیگری نشان می‌دهد. با مقایسه ضرایب معادلات (۴) و (۶) مشخص است با افزایش نسبت آبیگری، لایه B<sub>۳۶</sub> که نسبت به لایه سطحی دارای غلظت بیشتر رسوب می‌باشد نقش بیشتری

معادله خطی در هر سه عمق مورد بررسی بین عرض مجرای جریان در سطح و کف برقرار می‌باشد معادله (۲).

$$\frac{B_s}{T_1} = 0/65 \frac{B_b}{T_1} \quad (2)$$

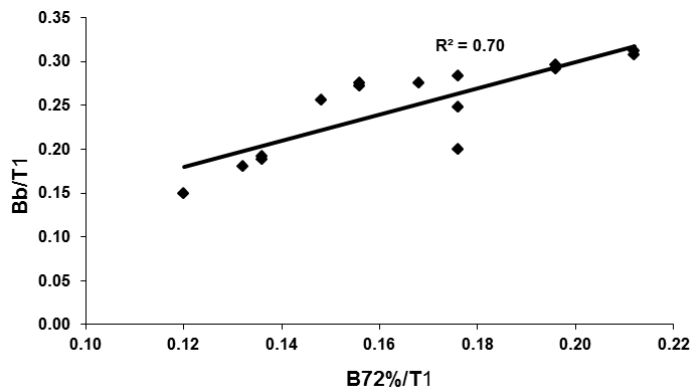
این رابطه برای تمامی دبی‌ها و نسبت‌های آبیگری و اعماق برقرار بود. این رابطه نشان می‌دهد در حالت آبیگری از کانال مستطیلی، عرض مجرای جریان در سطح تقریباً ۰/۶۵ عرض مجرای جریان در کف بوده و قسمت قابل توجهی از جریان ورودی به آبیگر از لایه‌های نزدیک بستر که حاوی رسوب با غلظت بالا می‌باشند، تأمین می‌شود.

با توجه به الگوی جریان در دهانه آبیگر، مهم‌ترین پارامتر تأثیرگذار بر عرض مجرای جریان، نسبت آبیگری است. معادلات (۳) و (۴) رابطه بین نسبت دبی انحرافی با عرض مجرای جریان در کف و سطح را نشان می‌دهند. این روابط برای تمامی اعماق برقرار می‌باشد. ضریب ۱/۴۵ در معادله (۳) نشان می‌دهد با افزایش یک درصدی نسبت آبیگری، پارامتر بی‌بعد B<sub>b</sub>/T<sub>۱</sub> ۱/۴۵ برابر شده و مقدار قابل توجهی از دبی اضافی از ناحیه‌ای تأمین می‌گردد که دارای غلظت بالای رسوب است.

$$\frac{B_b}{T_1} = 1/45 \frac{Q_d}{Q} \quad (3)$$

$$\frac{B_s}{T_1} = 0/94 \frac{Q_d}{Q} \quad (4)$$

مقایسه دو رابطه نشان می‌دهد در کانال مستطیلی، با افزایش نسبت آبیگری، عرض مجرای جریان در کف ۱/۵ برابر سطح است.



شکل ۷. رابطه عرض مجرای جریان در کف با ۷۲٪ عمق

جریان در سطح و ۷۲ درصد عمق معادلات (۴) و (۸)، کمترین مقدار است. بنابراین با افزایش نسبت دبی انحرافی، عرض مجرای جریان در کف بیشترین و در نزدیکی لایه‌های سطحی کمترین افزایش را خواهد داشت. مقایسه ضرایب معادلات بالا نشان می‌دهد تغییرات ابعاد مجرای جریان به گونه‌ای است که جریان با غلظت زیاد که در لایه‌های نزدیک کف در حرکت می‌باشد، به مقدار زیادی وارد آبگیر می‌گردد و جریان‌های سطحی که معمولاً دارای غلظت کم رسوب است به مقدار کمتر وارد آبگیر می‌شود و در مجموع ساختار الگوی جریان در کانال مستطیلی به گونه‌ای است که نسبت رسوب ورودی به آبگیر از متوسط رسوب کانال اصلی بیشتر می‌باشد. همچنین با توجه به توضیحات ارائه شده در خصوص تأثیر نسبت آبگیری بر عرض مجرای جریان در لایه‌های مختلف، استنباط می‌شود با افزایش آبگیری، دبی انحرافی به آبگیر بیشتر از لایه‌های پایینی تأمین می‌گردد.

#### آبگیری از کانال دوزنقه‌ای

در شکل (۸) پارامتر بی بعد شده عرض مجرای جریان در سطح و کف رسم شده است. در حالت آبگیری از کانال دوزنقه‌ای نیز برای تمام اعماق و نسبت‌های آبگیری رابطه خطی بین این پارامترها برقرار است. معادلات (۹)، (۱۰) و (۱۱) به ترتیب روابط بین عرض مجرای جریان در کف و سطح و رابطه نسبت

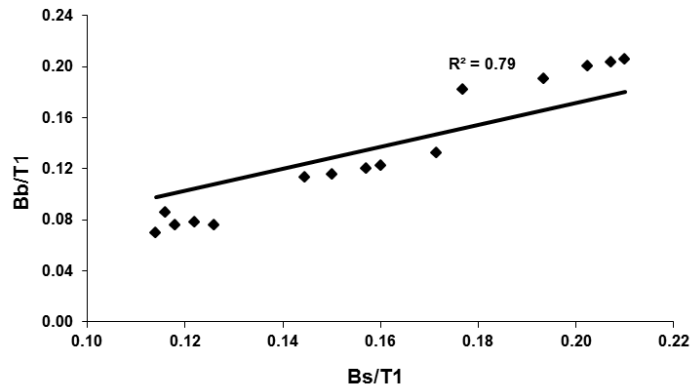
در تأمین دبی آبگیر دارد. همانند عرض مجرای جریان در لایه‌های دیگر، یک رابطه خطی بین عرض مجرای جریان در ۷۲٪ عمق جریان با  $B_b$  برقرار می‌باشد که با عرض سطح آب در کانال اصلی بی‌بعد شده است (شکل ۷). مقایسه معادلات (۲) و (۷) نشان می‌دهد که عرض مجرای جریان در سطح و ۷۲٪ عمق تقریباً یکسان است. بنابراین تغییرات عرض مجرای جریان در لایه‌های سطحی نسبت به هم کم می‌باشد.

$$\frac{B_b}{T_1} = 1/5 \frac{B_{72\%}}{T_1} \quad (7)$$

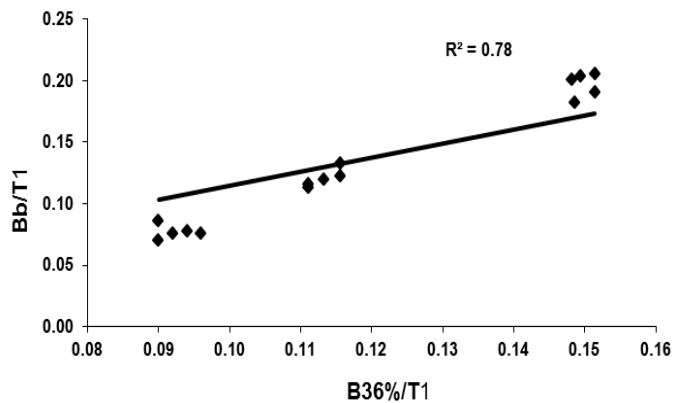
عرض مجرای جریان در این لایه به صورت معادله (۸) با نسبت دبی انحرافی رابطه دارد. مقایسه ضرایب روابط نشان می‌دهد با افزایش نسبت آبگیری، عرض مجرای جریان در لایه‌های سطحی ( $B_s$  و  $B_{72\%}$ ) تقریباً به یک اندازه افزایش می‌یابد اما در لایه‌های پایین ( $B_{36\%}$ ) افزایش عرض مجرای جریان بیشتر از لایه‌های سطحی می‌باشد.

$$\frac{B_{72\%}}{T_1} = 0/97 \frac{Q_d}{Q} \quad (8)$$

اگرچه با افزایش نسبت دبی انحرافی، مجرای جریان و به عبارتی عرض مجرای جریان در تمام لایه‌ها بزرگ‌تر می‌شود، اما نکته‌ای که در این روابط وجود دارد این است که ضریب مربوط به عرض مجرای جریان در کف معادله (۳)، بیشترین و پس از آن ضریب مربوط به عرض مجرای جریان در ۳۶ درصد عمق معادله (۶) و در نهایت ضرایب مربوط به عرض مجرای



شکل ۸. رابطه عرض مجرای جریان در سطح و کف



شکل ۹. رابطه عرض مجرای جریان در کف با ۳۶٪ عمق

با معادلات (۳) و (۴) در حالت مستطیلی، نتیجه گیری می شود که در حالت آبیگری از کانال دوزنقه ای بر خلاف مستطیلی آبیگری بیشتر از سطح انجام می شود تا از کف. در شکل (۹) رابطه عرض مجرای جریان در ۳۶٪ عمق نسبت به کف که با  $T_1$  بی بعد شده را نشان می دهد. معادله (۱۲) عرض مجرای جریان در ۳۶٪ عمق را نسبت به کف نشان می دهد. ضریب این رابطه نشان می دهد تغییرات عرض مجرای جریان در لایه نزدیک کف کم می باشد. همچنین با مقایسه ضریب معادله (۱۲) با (۹) مشخص می باشد عرض مجرای جریان در ۳۶٪ عمق از  $B_b$  کمتر و در سطح این عرض از  $B_b$  بزرگ تر می باشد.

$$\frac{B_b}{T_1} = 1/14 \frac{B_{36\%}}{T_1} \quad (12)$$

دبی انحرافی با عرض مجرای جریان در کف و سطح را نشان می دهند.

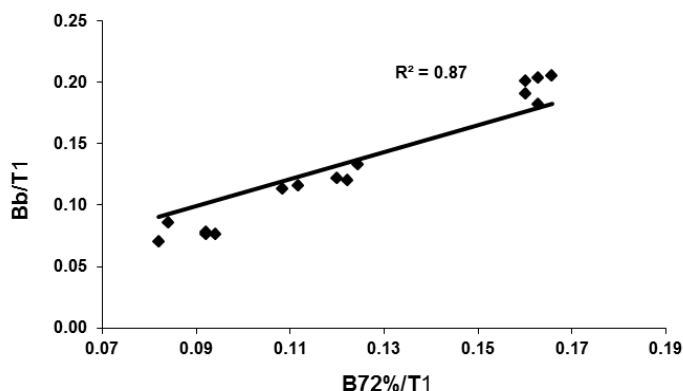
$$\frac{B_s}{T_1} = 1/2 \frac{B_b}{T_1} \quad (9)$$

$$\frac{B_b}{T_1} = 0/77 \frac{Q_d}{Q} \quad (10)$$

$$\frac{B_s}{T_1} = 0/91 \frac{Q_d}{Q} \quad (11)$$

با توجه به معادله (۹) عرض مجرای جریان در سطح تقریباً ۱/۲ برابر کف می باشد. اگر این معادله با معادله (۲) در کانال مستطیلی مقایسه شود، این نتیجه گیری استنباط می شود که در حالت آبیگری از کانال دوزنقه ای بر خلاف کانال مستطیلی عرض مجرای جریان در سطح بزرگ تر از کف می باشد. همچنین از مقایسه معادلات (۱۰) و (۱۱) در حالت دوزنقه ای





شکل ۱۰. رابطه عرض مجرای جریان در کف با ۷۲٪ عمق

می‌باشد. با توجه به تغییرات عرض مجرای جریان در لایه‌های مختلف انتظار می‌رود غلظت رسوب ورودی به آبگیر با متوسط کانال اصلی تفاوت زیادی نداشته باشد زیرا در لایه‌های پایینی و میانی غلظت رسوب ورودی بیشتر و در لایه بالایی کمتر از متوسط کانال اصلی است. اگر چه در تمام معادلات (۱۰، ۱۱، ۱۳ و ۱۵) نسبت دبی انحرافی با عرض مجرای جریان رابطه مستقیم دارد، اما با دقت در ضرایب معادلات استنباط می‌شود در صورت افزایش نسبت دبی آبگیر، دبی اضافی به نسبت بیشتر از سطح تأمین می‌شود و لایه‌های دیگر تقریباً نقش یکسانی دارند. از مقایسه ضرایب معادلات (۱۱، ۱۳ و ۱۵) مشخص است افزایش نسبت آبگیری تأثیر یکسانی بر افزایش عرض لایه میانی ( $B_{72}/B_{36}$ ) و دارد اما افزایش در لایه سطحی ( $B_s$ ) حدود ۱/۳ برابر لایه میانی می‌باشد. بنابراین پیش‌بینی می‌شود در هنگام آبگیری از کانال دوزنقه‌ای، رسوب کمتری نسبت به حالت مستطیلی به درون آبگیر منحرف شود.

#### ابعاد ناحیه جدایی

الگوی جریان ناشی از احداث آبگیر جانبی به منظور انشعاب آب رودخانه، ویژگی‌های پیچیده‌ای دارد و کاملاً سه‌بعدی است. با نزدیک شدن به آبگیر به دلیل فشار مکشی اعمال شونده از طرف کانال جانبی، جریان در جهت عرضی شتاب

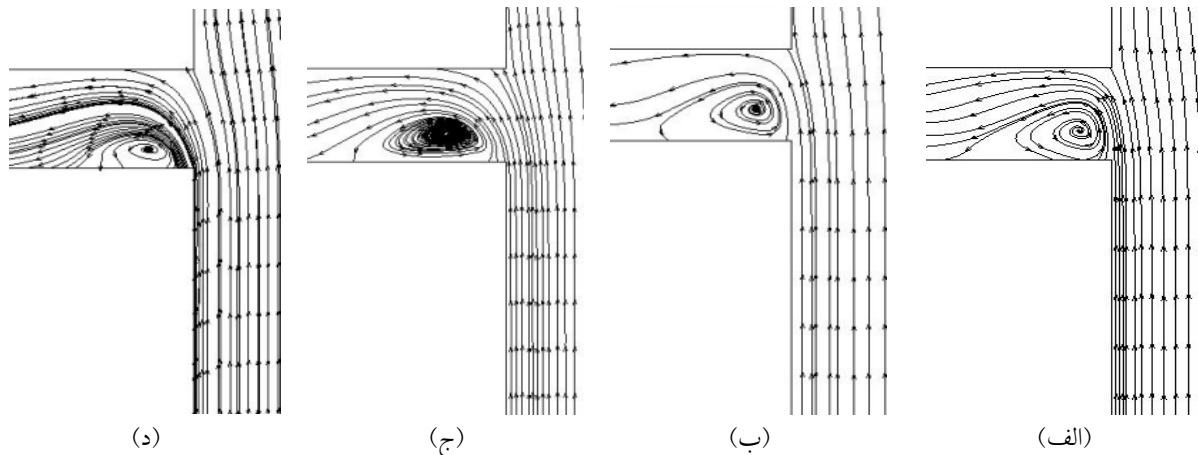
$$\frac{B_{72}}{T_1} = 0.68 \frac{Q_d}{Q} \quad (13)$$

معادله (۱۳) چگونگی ارتباط بین نسبت دبی انحرافی با عرض مجرای جریان در این لایه را نشان می‌دهد. از مقایسه معادلات (۱۲) و (۱۳) با معادلات (۵) و (۶)، نتیجه‌گیری می‌شود که در حالت آبگیری از کانال دوزنقه‌ای، تفاوت بین عرض مجرای جریان در کف و ۳۶ درصد عمق کمتر از حالت مستطیلی است. همچنین نقش این لایه که حاوی رسوب بیشتری است، در حالت آبگیری از کانال دوزنقه‌ای نسبت به مستطیلی کاهش چشمگیری داشته است. در شکل (۱۰) تغییرات عرض مجرای جریان در کف و ۷۲٪ عمق ارائه شده است. با توجه به معادله (۱۴) عرض مجرای جریان در کف تقریباً ۱/۰۶ برابر  $B_{72}$  می‌باشد. مقایسه عرض مجرای جریان در سطوح مختلف معادلات (۹، ۱۲ و ۱۴) نشان می‌دهد تغییرات عرض مجرای جریان در لایه‌های پایین و میانی کم می‌باشد همچنین عرض مجرای جریان در دو لایه ۳۶ و ۷۲ درصد عمق از  $B_b$  کمتر است اما در لایه سطحی بیشتر از  $B_b$  است.

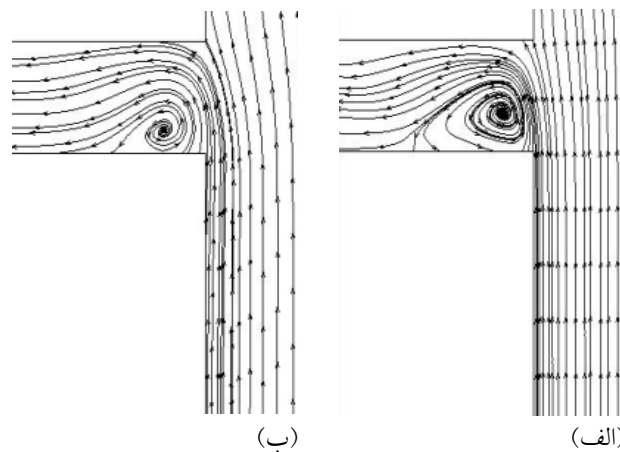
$$\frac{B_b}{T_1} = 1.06 \frac{B_{72}}{T_1} \quad (14)$$

$$\frac{B_{72}}{T_1} = 0.71 \frac{Q_d}{Q} \quad (15)$$

با توجه به معادله (۱۵) ضریب نسبت آبگیری در مقابل پارامتر بی‌بعد عرض مجرای جریان در ۷۲٪ عمق حدود ۰/۷



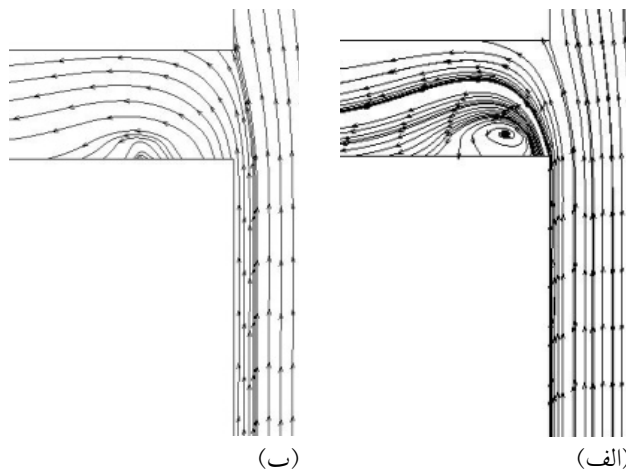
شکل ۱۱. جداسدگی جریان در آگیری از کانال مستطیلی در: الف) کف، ب) ۳۶٪ عمق، ج) ۷۲٪ عمق و د) سطح



شکل ۱۲. ناحیه جداسدگی جریان در سطح در حالت آگیری از: الف) کانال مستطیلی و ب) کانال دوزنقه‌ای

شکل (۱۱) خطوط جریان در ناحیه جدایی جریان در حالت آگیری از کانال مستطیلی برای عمق ۲۵ سانتی‌متر را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که از کف کانال به سمت سطح جریان ابعاد ناحیه جدایی بزرگ‌تر می‌شود. همچنین بیشترین تغییرات جدایی از کف به ۳۶٪ عمق و کمترین تغییرات در سطوح بالایی اتفاق می‌افتد و از کف به سطح جریان، عرض ناحیه عبوری جریان در آگیری کم می‌شود. شکل (۱۱) نشان می‌دهد که در سطح جریان شدت چرخش در ناحیه جدایی بیشتر می‌شود. خطوط جریان در سطح برای دو حالت آگیری از کانال مستطیلی و دوزنقه‌ای در شکل (۱۲) نشان می‌دهد که در

گرفته و به دو قسمت تقسیم می‌شود: قسمتی وارد آگیری شده و بقیه در مسیر کانال اصلی ادامه می‌یابد و به همین علت در داخل آگیری، جدایی جریان اتفاق می‌افتد. ناحیه جدایی داخل آگیری باعث کاهش موضعی سرعت در این ناحیه می‌شود. از میان پارامترهای دخیل در شکل گیری الگوی جریان در ناحیه جدایی جریان می‌توان به شدت جریان ورودی یا نسبت آگیری، عرض نسبی کانال‌های اصلی و انشعابی و نسبت عمق جریان به عرض کانال و زبری بستر اشاره کرد. در این بخش به بررسی تفاوت تأثیر آگیری از کانال مستطیلی و دوزنقه‌ای بر ابعاد ناحیه جدایی پرداخته می‌شود.



شکل ۱۳- ناحیه جداشدگی جریان در کف در حالت آگیری از: الف) کانال مستطیلی و ب) کانال دوزنقه‌ای

حالت آگیری از کانال دوزنقه‌ای، ابعاد مجرای جریان در سطح بیشتر از کف است. این مسئله در آگیری از کانال مستطیلی کاملاً بر عکس است. همچنین در آگیرهای منشعب از کانال دوزنقه‌ای، ابعاد جداشدگی جریان که در مجاورت دیواره بالادست آگیر ایجاد می‌شود کوچک‌تر است. این نتایج منجر به کاهش رسوب ورودی و کاهش تجمع رسوب در آگیر و نهایتاً افزایش راندمان آگیری در آگیرهای منشعب از کانال دوزنقه‌ای می‌شود. نظر به اینکه الگوی جریان از جمله ابعاد مجرا و جداشدگی جریان در آگیر با زوایای مختلف متفاوت است، لذا پیشنهاد می‌شود در کارهای آینده زوایای دیگر آگیری (به غیر از قائمه) بررسی شود.

حالت آگیری از کانال دوزنقه‌ای، ابعاد ناحیه جداشدگی جریان کمتر است. شکل (۱۳) تغییرات الگوی جریان و ابعاد ناحیه جداشدگی جریان در کف را در دو حالت آگیری از کانال مستطیلی و دوزنقه‌ای نشان می‌دهد. در کف نیز به مانند سطح ابعاد جداشدگی جریان در حالت آگیری از کانال دوزنقه‌ای کمتر از حالت آگیری از کانال مستطیلی است.

### نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق، ابعاد مجرای جریان و ابعاد ناحیه جداشدگی جریان در دو حالت آگیری از کانال اصلی مستطیلی و دوزنقه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. در یک نتیجه‌گیری کلی، در

### منابع مورد استفاده

۱. رحیمی، ا.، م. رحیم پور و م. یعقوب زاده. ۱۳۸۶. توزیع تنش برشی و سرعت در کانال روباز مستطیلی با استفاده از مدل تنش رینولدز. کنفرانس مدیریت منابع آب. زاهدان. ۱۸ تا ۲۰ اسفند ۱۳۸۶.
۲. کرمی مقدم، م.، م. شفاعی بجستان و ح. صدقی. ۱۳۹۰. مطالعه آزمایشگاهی و عددی الگوی جریان در آگیر ۳۰ درجه منشعب از کانال دوزنقه‌ای. مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک ۱۵(۵۷): ۳۵-۴۶.
۳. صفرزاده، ا. ۱۳۸۳. شبیه‌سازی عددی الگوی جریان در آگیری جانبی از قوس ۱۸۰ درجه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
۴. موسوی جهرمی، س.ح. و ر. گودرزی زاده. ۱۳۹۰. شبیه‌سازی عددی الگوی جریان سه بعدی در تلاقی کانال‌های باز. علوم و

مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی) ۳۴(۲): ۶۱-۷۰.

5. Best, J. L. and I. Reid. 1984. Separation zone open-channel junctions. *J. Hydr. Eng.* 110(11): 1588-1594.
6. Lakshmana, R. N. S., K. Sridharan and Y. M. A. Baig. 1968. Experimental studies of the division of flow in an open channel. *Australasian Conf. on Hydr. And Fluid Mech. Sydney. Australia.* 139- 142.
7. Neary, V., F. Sotiropoulos and A. J. Odgaard. 1999. Three-dimensional numerical model of lateral-intake in flows. *J. Hydr. Eng.* 125(2):126-140.
8. Neary, V. S. and A. J. Odgaard. 1993. Three dimensional flow structure at open channel diversions. *J. Hydr. Eng.* 119(11): 1223-1230.
9. Ramamurthy, A. S., Q. Junying and V. Diep. 2007. Numerical and experimental study of dividing open-channel flows. *J. Hydr. Eng.* 133(10): 1135-1144.
10. Shamloo, H. and B. Pirzadeh. 2007. Numerical investigation of velocity field in dividing open-channel flow. *Proceedings of the 12<sup>th</sup> WSEAS International Conference on Applied Mathematics. Cairo. Egypt. Desember 194-198.*

## Numerical Analysis of Separation and Stream tube Dimensions in the Intakes Installed to Rectangular and Trapezoidal Channels

S. M. Seyedian<sup>1</sup>, M. Karami Moghadam<sup>\*2</sup> and Y. Ramezani<sup>3</sup>

(Received: Feb. 25-2015 ; Accepted: March 07-2017)

### Abstract

The study of flow patterns in front of intake has been attracted the attention of researchers during the past decades to explore the mechanism of flow and sediment entry to the intake. In this study, the separation and stream tube dimensions were investigated in water intakes installed to rectangular and trapezoidal main channel. These researches were carried out with experimental and fluent models. The results of experimental and fluent models have a good conformity. It was found that, in trapezoidal main channel, the stream tube width decreases near the bed and increases near the surface and separation dimensions reduced and led to reduction of sediment entry and increase of efficiency

**Keywords:** Flow pattern, Fluent, Rectangular and trapezoidal main channel, Separation, Stream tube.

---

1. Dept. of Water Eng., Faculty of Agric., Gonbad Kavous Univ., Gonbad Kavous, Iran.

2. Dept. of Agric., Payame Noor Univ., Iran.

3. Dept. of Water Eng., Faculty of Agric., Birjand Univ., Birjand, Iran.

\*: Corresponding Author, Email: m\_karami\_mo@yahoo.com